

PENGATURAN KECEPATAN MOTOR AC TIGA PHASE UNTUK MENGATUR KECEPATAN AIR PADA IMPLEMENTASI WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN) SEBAGAI PENDETEKSI SUMBER POLUTAN YANG POTENSIAL (PERANGKAT KERAS)

M. Nur khumaidi¹, Ir. Anang Tjahjono, MT²

Mahasiswa Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1*}

mn_khumaidi@yahoo.com

Dosen Pembimbing, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia²

ABSTRAK

Pada saat ini perkembangan industri di Indonesia sangat pesat. Banyak pabrik – pabrik di Indonesia yang belum mempunyai tempat penanganan limbah dengan baik, sehingga membuang limbah produksi pada sepanjang aliran sungai yang terdekat dengan pabrik. Untuk mendeteksi polutan di sungai maka dibuatlah simulasi aliran sungai yang konstan. Karena itu dibuatlah sistem pengaturan kecepatan motor AC tiga fasa menggunakan rangkaian inverter 3 phase dengan tegangan keluaran 220 Vac dengan range frekuensi 10 Hz – 50 Hz.

Pada pengujian rangkaian inverter 3 phase dengan frekuensi inverter 50 Hz di dapatkan tegangan line ke line keluaran sebesar 231,3 V dan kecepatan sebesar 1459 Rpm, dimana tegangan masukan pada rangkaian inverter sebesar 298,5 Vdc. Pada pengujian respon sensor ultrasonik di dapatkan respon ketinggian level air dengan waktu. Pada saat $t=50$ detik pembacaan level air 110 mm, kemudian pada $t=200$ detik level air terbaca 390 mm, dan level air terbaca 500 mm pada $t=550$ detik. Berdasarkan grafik respon pembacaan sensor ultrasonik tersebut di atas ditentukan parameter K_p 9.8, K_i 0.07, dan K_d 6. Pada pengujian respon sensor ultrasonik setelah menggunakan nilai K_p , K_i , K_d yang telah ditentukan didapatkan nilai ketinggian level 250 mm saat $t=50$ detik, dan pada $t=200$ detik level terbaca 490 mm.

Kata Kunci: Mikrokontroler ATmega128, Inverter 3 Phase, Frekuensi

ABSTRACT

The development of industrial in Indonesia is very fast. Many factories in Indonesia don't have the settlement of disposal place well, so they throw away production waste in along their place and it can pollute the system of river. To detect pollutant in the river, it's made the simulation of river with constant flow. Therefore, it's designed three phase speed control system by using three phase inverter circuit which has output voltage 220 Vac and frequency range between 10 Hz–50 Hz.

When frequency of inverter 50 Hz the line to line voltage measured 231,3 Volt and speed of motor 1459 rpm, where the input voltage of inverter is 298,5 Vdc. Response of water level's gotten by testing ultrasonic sensor. When time at 50 second, water level measure 110 mm then at time 200 second water level's read 390 mm and it is read 500 mm at time 550 second. Based on graphic of ultrasonic sensor response reading, it can find parameter of K_p 9.8, K_i 0.07, and K_d 6. After using the parameter of K_p , K_i , and K_d , water level measure 250 mm at time 50 second and at time 200 second level measure 490 mm.

Keyword : Microcontroller Atmega128, Inverter 3 Phase, Frequency

1. PENDAHULUAN

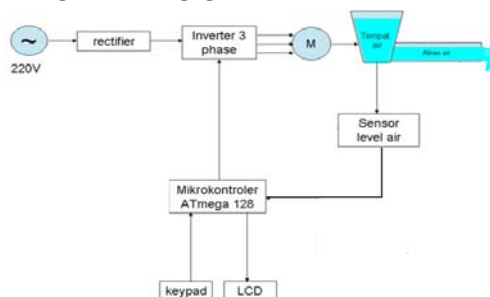
Pada saat ini perkembangan industri – industri di Indonesia sangat pesat. Hampir lebih dari 80% pabrik – pabrik berdiri di seluruh Indonesia di berbagai bidang produksi. Dengan semakin banyaknya pabrik – pabrik yang beroperasi maka juga timbul banyak dampak pada seluruh elemen masyarakat. Salah satunya yaitu masalah penanganan limbah hasil produksi oleh pabrik yang belum memenuhi

standarisasi. Banyak pabrik – pabrik di Indonesia yang belum mempunyai tempat penanganan limbah hasil produksi dengan baik. Pabrik – pabrik tersebut membuang limbah produksi secara sembarangan, salah satunya yaitu membuang limbah pada sepanjang aliran sungai yang terdekat dengan pabrik tersebut. Dengan adanya limbah pada sungai membuat sungai menjadi tercemar. Akibat pencemaran pada sepanjang aliran sungai, sumber air yang berada disekitar aliran sungai menjadi tercemar. Pencemaran ini banyak menimbulkan kerugian

pada kalangan masyarakat salah satunya yaitu timbulnya banyak penyakit. Indikator bahwa air itu tercemar atau tidak dapat dilihat melalui pH air tersebut apakah mengalami perubahan atau tidak. Oleh karena itulah perlu dilakukan pengukuran pH pada aliran sungai untuk mengetahui adanya pencemaran yang dikarenakan limbah pabrik. Berlatar belakang dari hal tersebut proyek akhir tentang pengaturan kecepatan air pada implementasi Wireless Sensor Network (WSN) sebagai pendeteksi sumber polutan yang potensial disusun. Pada proyek akhir ini akan didesain sebuah miniatur untuk simulasi aliran sungai yang dapat diatur kecepatan alirannya sesuai dengan pemilihan setpoint.

Pada tugas akhir ini untuk pengaturan kecepatan air digunakan rangkaian inverter 3 phase yaitu dengan mengatur frekuensi. Inverter ini akan mengemudikan motor AC 3 phase 1/2 HP yang difungsikan sebagai pompa air. Pompa air ini menggambarkan sebagai sumber aliran sungai yang kemudian air hasil dari pompa ini dimasukkan dalam tempat penampungan air dengan kapasitas kurang lebih 40 liter air yang dikontrol levelnya dengan sensor level air. Sensor level air yang digunakan adalah sensor ultrasonik. Sensor level air ini digunakan untuk menjaga volume air pada tempat penampungan air secara konstan. Keluaran dari penampungan air dialirkan ke tempat yang terbuat dari plastik memanjang yang menggambarkan sungai dan dijaga kecepatan aliran air secara konstan. Untuk mengeluarkan air dari tempat penampungan air ke tempat aliran air digunakan solenoide valve yang berfungsi untuk membuka dan menutup aliran air. Kecepatan aliran air ini di sensor baling – baling yang dicelupkan ke air kemudian dikopel dengan rotary encoder. Hasil dari sensor kecepatan aliran air akan diolah kedalam untuk dibandingkan dengan setpoint dari kecepatan aliran air kemudian hasil dari sensor tersebut ditampilkan ke LCD untuk bisa dimonitoring. Semua dari kerja sensor dan aktuatur serta inverter akan dikontrol melalui Atmega 128.

3. PERENCANAAN SISTEM

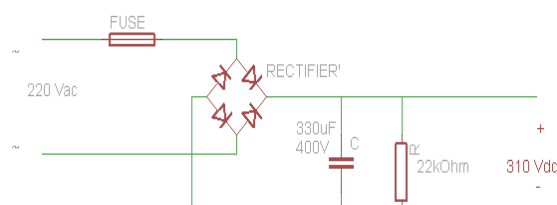


Gambar 3.1 Blok diagram sistem

3.1 Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh 1 Phase

Rangkaian penyearah gelombang penuh 1 phase pada proyek ini digunakan sebagai penyearah sumber tegangan AC menjadi sumber tegangan DC digunakan sebagai sumber tegangan masukan rangkaian inverter 3 phase. Pada rangkaian penyearah gelombang penuh 1 phase ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu diode bridge, kapasitor dan resistor.

Gambar rangkaian penyearah gelombang penuh 1 phase terlihat seperti Gambar 3.2.



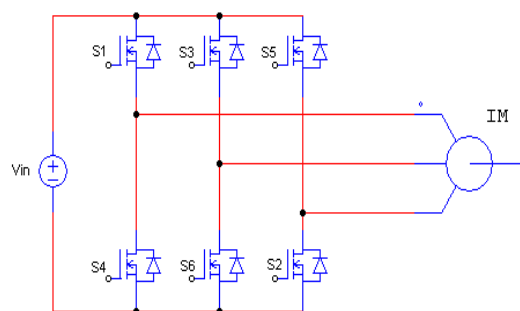
Gambar 3.2. Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh 1 Phase

Untuk mendesain rangkaian penyearah gelombang penuh 1 phase yang baik diperlukan perhitungan nilai komponen-komponen yang tepat. Karena nilai komponen yang tidak tepat, dapat menyebabkan hasil output yang kurang baik, seperti keluarnya ripple tegangan dan arus yang terlalu besar. Untuk mendesain rangkaian ini, perlu ditetapkan beberapa variable, yaitu:

- Tegangan output : 310.77 V
- Tegangan input : 220 V
- Ripple tegangan : 0.15% Vo
- Resistor : 22 kOhm
- Kapasitor : 330uF

3.2 Rangkaian Inverter 3 Phase

Rangkaian Inverter 3 phase pada proyek ini digunakan untuk pengaturan kecepatan putaran motor AC 3 phase. Gambar rangkaian inverter 3 phase terlihat seperti Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Rangkaian inverter 3 phase

Untuk mendesain rangkaian inverter 3 phase yang baik diperlukan perhitungan nilai komponen-komponen yang tepat. Karena nilai komponen yang tidak tepat, dapat menyebabkan hasil output yang kurang baik, seperti keluarnya ripple tegangan dan arus yang terlalu besar.

Untuk mendesain rangkaian inverter 3 phase, perlu ditetapkan terlebih dahulu beberapa variable, yaitu:

- Frekuensi inverter : 50Hz
- Tegangan output : 220 V
- Tegangan input : 310,77V

• **Perhitungan Rangkaian Inverter**

- Daya motor : 373 Watt (1/2 HP)
- Daya Inverter : Daya motor
- Tegangan motor : 220 V (dihubungkan Delta)
- V_{L-L} Inverter :

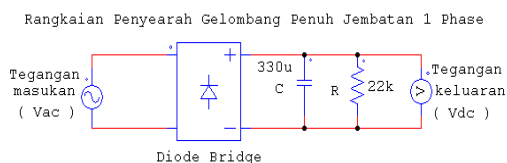
$$V_{L-L}(rms) \approx 0,78 \times V_{dc} \approx 0,78 \times 310,77 \approx 242,4V$$

4. PENGUJIAN ALAT

4.1. Pengujian Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh Jembatan 1 Phase

Pengujian rangkaian penyearah gelombang penuh jembatan 1 phase ini dilakukan dengan melakukan pengukuran tegangan keluaran rangkaian menggunakan voltmeter dan melihat bentuk gelombang tegangan keluaran melalui osiloskop. Setelah melakukan pengukuran dilakukan analisa dengan menghitung prosentase kesalahan dengan teori yang ada.

Berikut gambar rangkaian rangkaian penyearah gelombang penuh 1 phase ;

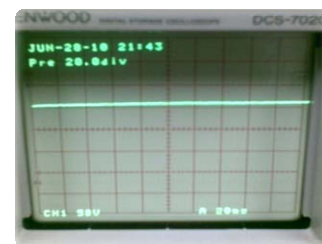


Gambar 4.1 Rangkaian penyearah gelombang penuh 1 phase

Tabel 4.1 Data pengukuran rangkaian penyearah jembatan penuh 1 phase

Tagangan masukan (Volt)	Tegangan Keluaran Teori (Volt)	Tegangan Keluaran Pengukuran (Volt)	% Error (%)
50	70.467	68.7	2.50
100	141.167	137.5	2.59
150	211.867	206.6	2.48
200	282.567	276.2	2.25
220	310.847	303.3	2.42

Berikut gambar hasil pengujian rangkaian penyearah gelombang penuh jembatan 1 phase :



Gambar 4.2 Tegangan keluaran ketika Tegangan Masukan 50 Vac

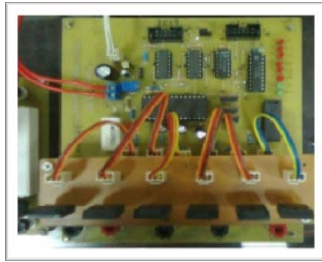


Gambar 4.3 Tegangan keluaran ketika Tegangan Masukan 100 Vac

4.2. Pengujian Rangkaian Inverter 3 Phase

Pengujian rangkaian inverter 3 phase pada proyek akhir ini dilakukan dengan mengatur frekuensi PWM yang dibangkitkan oleh mikrokontroler ATMEGA 128 dan melakukan pengukuran tegangan keluaran rangkaian inverter 3 phase dengan menggunakan beban motor induksi 3 phase. Tegangan masukan rangkaian inverter 3 phase berasal dari rangkaian penyearah gelombang penuh jembatan 1 phase.

Berikut gambar rangkaian inverter 3 phase yang digunakan untuk pengaturan kecepatan motor induksi 3 phase :

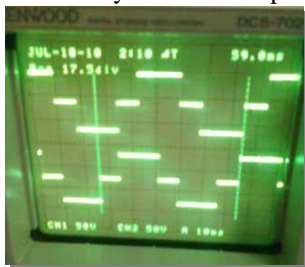


Gambar 4.4 Rangkaian Inverter 3 Phase

Pengaturan frekuensi pada inverter dilakukan dengan mengatur perubahan frekuensi pada sinyal PWM 3 phase. Amplitudo PWM pada proyek akhir ini sebesar 15 V, dipilih besar tegangan 15V karena MOSFET IRFP460 bekerja pada 15 V. Untuk mengamankan rangkaian switching dan beban dari arus lebih dan gangguan lainnya maka digunakan IC driver IR2130. Driver ini juga menyediakan *dead time*, sehingga tidak memerlukan lagi *dead time* pada pembangkitan PWM 3 phase. Berikut gambar hasil pengujian pembangkitan PWM yang digunakan untuk pengaturan frekuensi rangkaian inverter 3 Phase :



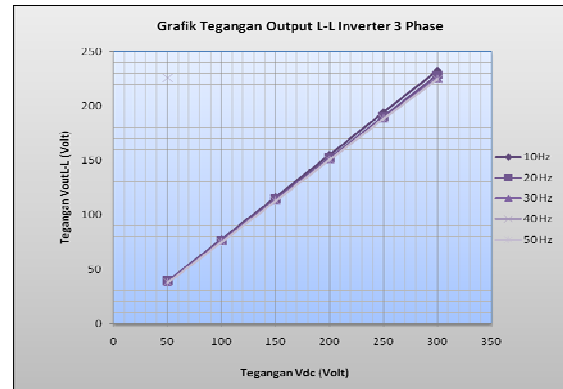
Gambar 4.5 Penyulutan PWM phase R-S



Gambar 4.6 Tegangan keluaran V_{R-S} tanpa beban

Tabel 4.2 Data hasil pengujian rangkaian inverter 3 phase tanpa beban

Vdc (V)	VoutL-L (Volt)				
	Frekuensi (Hz)				
	10	20	30	40	50
50	39,15	39,3	38,17	37,85	37,78
100	77,33	76,3	76,1	75,6	74,8
150	116,4	114,7	113,7	113,1	112,7
200	155,1	152,2	151,3	150,9	150,5
250	194,2	190,1	188,8	188,4	188,3
300	232,5	228,5	225,8	225,8	224,5



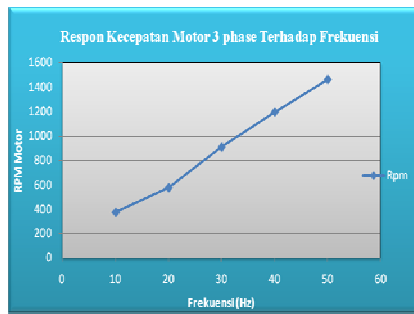
Gambar 4.7 Grafik perubahan tegangan keluaran rangkaian inverter V_{L-L} terhadap tegangan inputnya Vdc

Setelah melaksanakan pengujian rangkaian inverter 3 phase tanpa beban kemudian dilakukan pengujian rangkaian inverter 3 phase menggunakan beban motor induksi 3 phase. Data hasil pengujian rangkaian inverter 3 phase menggunakan motor induksi 3 phase ditunjukkan tabel 4.3 di bawah ini:

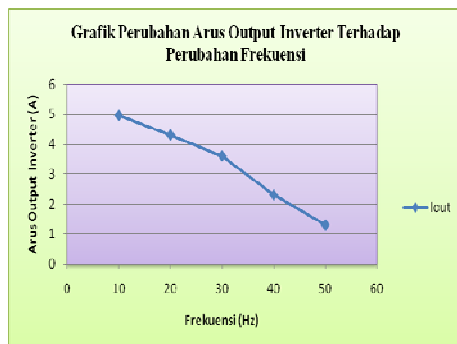
Tabel 4.3 Data hasil pengujian rangkaian inverter 3 phase menggunakan beban motor induksi 3 phase

Frek. (Hz)	Vin Rectifier (Vac)	Vout Rectifier (Vdc)	Vin Inverter (Vdc)	Iout Inverter (A)
10	220	258.7	258.7	4,95
20	220	269.2	269.2	4,3
30	220	272,2	272,2	3,6
40	220	285	285	2,3
50	220	298.5	298.5	1,3

Frek. (Hz)	Vout L-L (V)			RPM
	V_{R-S}	V_{R-T}	V_{S-T}	
10	190,2	190,5	190,4	379
20	198,8	198,7	198,4	578
30	204,4	204,1	204,3	909
40	213,8	213,1	213,7	1194
50	231,2	230	231,1	1459



Gambar 4.28. Grafik respon kecepatan motor 3 phase terhadap frekuensi inverter



Gambar 4.29 Grafik Perubahan arus output Inverter terhadap perubahan frekuensi



Gambar 4.30 Gelombang tegangan output rangkaian inverter 3 phase dengan beban motor induksi 3 phase

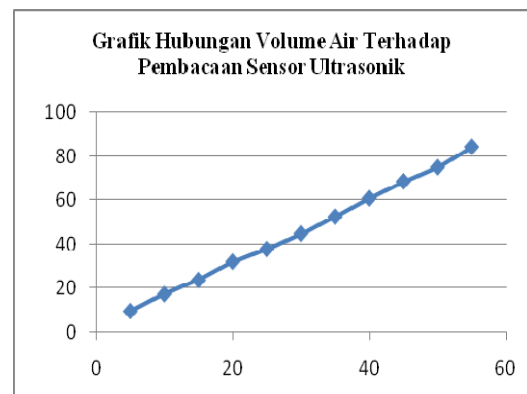
4.3 Pengujian Rangkaian Sensor Level Ketinggian Air menggunakan sensor ultrasonik

Pengujian sensor level ketinggian air ini dilakukan dengan memberikan level ketinggian pada tempat penampungan air dengan step 5 cm, sehingga setiap perubahan ketinggian akan mendapat respon yang berbeda-beda dari sensor ultrasonik dan akan didapatkan pula jumlah volume pada saat level ketinggian dideteksi oleh sensor ultrasonik yang kemudian akan mengubah frekuensi

rangkaian inverter untuk menyesuaikan kecepatan putaran motor dalam melakukan pengisian tempat penampungan air. Data hasil pengujian sensor ultrasonik ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

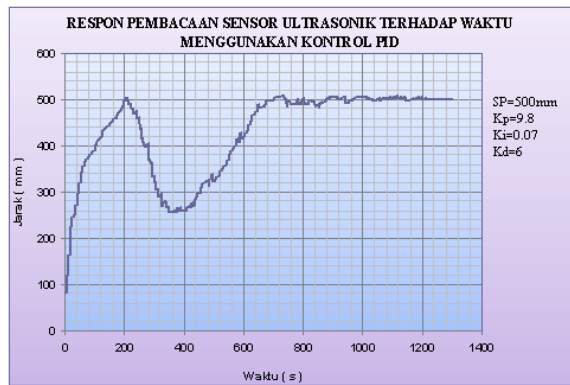
No.	Jarak (Cm)	Pembacaan Sensor Ultrasonik (cm)	Frekuensi Inverter (Hz)	Volume Air (L)
1	0	0	50,0	0
2	5	6	50,0	9.6
3	10	10,8	46,5	17.28
4	15	14,8	45,5	23.68
5	20	20	43,07	32
6	25	23,6	40,45	37.76
7	30	28	38,59	44.8
8	35	32,8	30,55	52.48
9	40	38	25,6	60.8
10	45	42,8	22,94	68.48
11	50	46,8	20,5	74.88
12	55	52,6	15,33	84.16



Gambar 4.31 Grafik Hubungan Volume Air terhadap pembacaan sensor ultrasonik

4.4 Pengujian Integrasi antara Perangkat Keras dengan Perangkat Lunak

Pada pengujian integrasi ini dilakukan dengan menyatukan antara perangkat keras sistem dan perangkat lunak sistem. Pada sistem perangkat lunak digunakan kontrol jenis PID untuk mengatur respon pembacaan sensor ultrasonik. Dengan melakukan analisa perhitungan, maka didapatkan parameter nilai **Kp sebesar 9.8**, **Ki sebesar 0.09**, dan nilai **Kd sebesar 6**. Setelah menentukan nilai parameter Kp, Ki, dan Kd maka dilakukan pengujian sistem dengan menggunakan kontrol PID. Pengujian dilakukan dengan menjalankan sistem selama 20 menit. Berikut gambar grafik respon pembacaan sensor ultrasonik terhadap waktu menggunakan kontroler PID.



Gambar 4.32. Grafik respon pembacaan sensor ultrasonik terhadap waktu dengan setting point ketinggian level 500 mm menggunakan kontrol PID.

5. KESIMPULAN

Dari pengerjaan Proyek Akhir ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan tegangan keluaran DC sebesar 303,5 Vdc dengan tegangan masukan 220 Vac dan ripple tegangan keluaran 0.15% diperlukan filter kapasitor sebesar 330uF dan resistor 22 kOhm.
2. Rangkaian inverter tiga phase bekerja pada range frekuensi 10 sampai 50 Hz
3. Pembacaan sensor ultrasonik pada proyek akhir ini dapat mewakili volume air dengan pembacaan ketinggian level maksimum 65 cm dengan volume air sebesar 84,16 liter.
4. Pada pengujian sistem menggunakan kontroler PID didapatkan nilai K_p sebesar 9.8, K_i sebesar 0.07, dan K_d sebesar 6.
5. Dengan menggunakan kontroler PID dengan setting point sebesar 500 mm waktu naik didapatkan sebesar 190 detik dan waktu *steady state* sebesar 1000 detik
6. pada saat pengujian sistem terjadi kendala dengan terganggunya pembacaan sensor ultrasonik akibat bekerjanya motor induksi tiga phase sehingga hal ini mengakibatkan terganggunya seluruh sistem.
7. Pada saat inverter 3 phase diberikan frekuensi dibawah 50 Hz arus yang pada motor semakin besar hingga mencapai 4 A , hal ini karena dikarenakan inverter menggunakan penyulutan PWM sehingga perbandingan antara tegangan dan frekuensi tidak konstan .

6. Saran – saran

Dalam pengerjaan dan penyelesaian Proyek Akhir ini tentu tidak lepas dari berbagai macam kekurangan dan kelemahan, baik itu pada sistem maupun pada peralatan yang telah dibuat. Untuk memperbaiki kekurangan-kekurangan dari peralatan, maka perlu melakukan hal-hal sebagai berikut:

1. Desain rangkaian inverter yang lebih baik dengan menentukan komponen dan jenis penyulutannya.
2. Dalam perencanaan sistem sebaiknya selalu diperhitungkan desain sistem dalam berbagai kondisi, karena ketika sistem di integrasi kan akan terjadi banyak gangguan yang tidak diketahui sebelumnya.
3. Seperti saran yang diberikan dosen penguji untuk menghilangkan gangguan pada pembacaan sensor ultrasonik akibat adanya kerja frekuensi motor yang tidak diduga sebelumnya maka harus didesain dalam perencanaan tentang adanya gangguan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Moch. Harun Arrosyid, " Implementasi Wireless Sensor Network Untuk Monitoring Parameter Energi Listrik Sebagai Peningkatan Layanan Bagi Penyedia Energi Listrik". Proyek akhir PENS-ITS. 2009
- [2] Bambang Hermanto K., "Rancang Bangun Sistem AC Drive Menggunakan Multilevel Inverter 18 Step Tipe Chopper – Inverter (Rancang Bangun Rangkaian Chopper – Inverter) ". Proyek akhir PENS – ITS. 2007
- [3] Joke Pratilastiarso, " Elektronika Daya II", PENS - ITS, Surabaya, 1994
- [4] Muhammad H. Rashid, " Power Electronics Circuits, Devices, And Applications 3", Prentice Hall, 2004
- [5] Datasheet mikrokontroler AT Mega 128. http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/AT/M/E/ATMEGA128.shtml diakses pukul jam 10.50 WIB